



PATENT
Customer No. 22,852
Attorney Docket No. 07553.0046

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
Masayuki TOMOYASU)
Application No.: 10/727,544) Group Art Unit: 2125
Filed: December 5, 2004) Examiner: To be assigned
For: PROCESS CONTROL SYSTEM AND)
PROCESS CONTROL METHOD)

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

CLAIM FOR PRIORITY

Sir:

Under the provisions of Section 119 of 35 U.S.C., Applicant hereby claims the benefit of the filing date of Japanese Patent Application Number JP2002-354763, filed December 6, 2002, for the above identified United States Patent Application.

In support of Applicant's claim for priority, a certified copy of the priority application is filed herewith.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

Dated: March 18, 2004

By: David W. Hill
David W. Hill
Reg. No. 28,220

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 6 日
Date of Application:

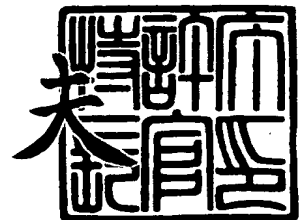
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 5 4 7 6 3
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 5 4 7 6 3]

出 願 人 東京エレクトロン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 TYL02018

【提出日】 平成14年12月 6日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00
H01L 21/66

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 友安 昌幸

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095957

【弁理士】

【氏名又は名称】 亀谷 美明

【電話番号】 03-5919-3808

【選任した代理人】

【識別番号】 100096389

【弁理士】

【氏名又は名称】 金本 哲男

【電話番号】 03-3226-6631

【選任した代理人】

【識別番号】 100101557

【弁理士】

【氏名又は名称】 萩原 康司

【電話番号】 03-3226-6631

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 040224

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9602173

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プロセス制御システム及びプロセス制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 工場内の各エリアごとに設けられ、処理結果を予測可能である少なくとも 1 つのプロセス装置により被処理体に対して行うプロセス処理を制御するプロセス制御システムであって、

前記各エリアごとに設けられ、前記各エリア内でプロセス処理された被処理体の計測を行う少なくとも 1 つの計測装置と、

前記各エリアごとに設けられ、前記各エリア内における前記プロセス装置、前記計測装置を含めた各装置間で被処理体を搬送する搬送装置と、

前記各エリアごとに設けられ、前記各エリア内における前記プロセス装置、前記計測装置、前記搬送装置を制御する制御装置と、

を備えたことを特徴とするプロセス制御システム。

【請求項 2】 前記制御装置は、前記プロセス装置によってプロセス処理される被処理体について前記計測装置で計測し、その計測結果に基づいて前記プロセス装置の処理条件を設定することを特徴とする請求項 1 に記載のプロセス制御システム。

【請求項 3】 前記制御装置は、少なくとも前記プロセス装置によるプロセス処理後に前記被処理体を前記搬送装置により前記計測装置に搬送し、前記計測装置による少なくともプロセス処理後の計測結果に基づいて得られた被処理体の処理結果の実測値と処理結果の目標値とを比較して、前記実測値と前記目標値の誤差が所定値以上であると判断した場合は、その誤差に応じて前記プロセス装置の処理条件を設定し直すことを特徴とする請求項 2 に記載のプロセス制御システム。

【請求項 4】 前記制御装置は、少なくとも前記プロセス装置によるプロセス処理後に前記被処理体を前記搬送装置により前記計測装置に搬送し、前記計測装置による少なくともプロセス処理後の計測結果に基づいて得られた被処理体の処理結果の実測値と処理結果の目標値とを比較し、前記実測値と前記目標値の誤差の変動の状況を観測してその傾向を予測し、前記誤差が所定値を越える前に、

その誤差変動の傾向に応じて、前記プロセス装置の処理条件を設定し直すことを特徴とする請求項 2 に記載のプロセス制御システム。

【請求項 5】 前記計測装置は、自機に異常があるか否かを診断する自己診断手段を設け、

前記制御装置は、前記処理結果の実測値と目標値の誤差が所定値以上であると判断した場合に、前記計測装置の自己診断手段により自己診断を行わせ、その自己診断の結果に基づいて前記計測装置に異常がないと判断した場合にのみ、前記プロセス装置の処理条件を設定し直すことを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載のプロセス制御システム。

【請求項 6】 前記制御装置は、前記プロセス装置による運転データ及び処理結果データに基づいて多変量解析を行うことにより前記運転データと前記処理結果データの相関関係を求め、この相関関係に基づいて相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果の予測値を求めることを特徴とする請求項 1 に記載のプロセス制御システム。

【請求項 7】 前記制御装置は、少なくとも前記プロセス装置によるプロセス処理後に前記被処理体を前記搬送装置により前記計測装置に搬送し、前記計測装置による少なくともプロセス処理後の計測結果に基づいて得られた被処理体の処理結果の実測値と前記予測値とを比較して、前記実測値と前記予測値との誤差が所定値以上であると判断した場合に前記相関関係を生成し直すことを特徴とする請求項 6 に記載のプロセス制御システム。

【請求項 8】 前記計測装置は、自機に異常があるか否かを診断する自己診断手段を設け、

前記制御装置は、前記処理結果の実測値と予測値の誤差が所定値以上であると判断した場合に、前記計測装置の自己診断手段に自己診断を行わせ、自己診断の結果に基づいて前記計測装置に異常がないと判断した場合にのみ、前記相関関係を生成し直すことを特徴とする請求項 6 又は 7 に記載のプロセス制御システム。

【請求項 9】 前記多変量解析として P L S 法を用いることを特徴とする請求項 6 ～ 8 のいずれかに記載のプロセス制御システム。

【請求項 1 0】 処理結果を予測可能である少なくとも 1 つのプロセス装置

と、このプロセス装置でプロセス処理された被処理体の計測を行う少なくとも 1 つの計測装置と、前記プロセス装置及び前記計測装置を含めた各装置間で被処理体を搬送する搬送装置と、前記プロセス装置、前記計測装置、前記搬送装置を制御する制御装置とを各エリアごとに設けたプロセス制御システムにおける前記各エリアの制御装置が行うプロセス制御方法であって、

前記プロセス装置によってプロセス処理される被処理体について前記計測装置で計測する工程と、

前記計測装置による計測結果に基づいて前記プロセス装置の処理条件を設定する工程と、

を有することを特徴とするプロセス制御方法。

【請求項 11】 さらに、少なくとも前記プロセス装置によるプロセス処理後に前記被処理体を前記搬送装置により前記計測装置に搬送し、前記計測装置による少なくともプロセス処理後の計測結果に基づいて得られた被処理体の処理結果の実測値と処理結果の目標値とを比較し、前記実測値と前記目標値の誤差が所定値以上であると判断した場合は、その誤差に応じて前記プロセス装置の処理条件を設定し直す工程を設けたことを特徴とする請求項 10 に記載のプロセス制御方法。

【請求項 12】 少なくとも前記プロセス装置によるプロセス処理後に前記被処理体を前記搬送装置により前記計測装置に搬送し、前記計測装置による少なくともプロセス処理後の計測結果に基づいて得られた被処理体の処理結果の実測値と処理結果の目標値とを比較し、前記実測値と前記目標値の誤差の変動の状況を観測してその傾向を予測し、前記誤差が所定値を越える前に、その誤差変動の傾向に応じて、前記プロセス装置の処理条件を設定し直すことを特徴とする請求項 10 に記載のプロセス制御方法。

【請求項 13】 前記プロセス装置の処理条件を設定し直す工程は、前記処理結果の実測値と目標値の誤差が所定値以上であると判断した場合に、前記計測装置に自己診断を行わせ、その自己診断の結果に基づいて前記計測装置に異常がないと判断した場合にのみ、前記プロセス装置の処理条件を設定し直すことを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載のプロセス制御方法。

【請求項 1 4】 前記プロセス装置による運転データ及び処理結果データに基づいて多変量解析を行うことにより前記運転データと前記処理結果データの相関関係を求め、この相関関係に基づいて相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果の予測値を求める工程を有することを特徴とする請求項 1 0 に記載のプロセス制御方法。

【請求項 1 5】 さらに、少なくとも前記プロセス装置によるプロセス処理後に前記被処理体を前記搬送装置により前記計測装置に搬送し、前記計測装置による少なくともプロセス処理後の計測結果に基づいて得られた被処理体の処理結果の実測値と前記予測値とを比較して、前記実測値と前記予測値との誤差が所定値以上であると判断した場合に前記相関関係を生成し直すことを特徴とする請求項 1 4 に記載のプロセス制御方法。

【請求項 1 6】 前記相関関係を生成し直す工程は、前記処理結果の実測値と予測値の誤差が所定値以上であると判断した場合に、前記計測装置に自己診断を行わせ、自己診断の結果に基づいて前記計測装置に異常がないと判断した場合にのみ、前記相関関係を生成し直すことを特徴とする請求項 1 5 に記載のプロセス制御方法。

【請求項 1 7】 前記多変量解析として P L S 法を用いることを特徴とする請求項 1 4 ～ 1 6 のいずれかに記載のプロセス制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プロセス制御システム及びプロセス制御方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

例えば半導体製造工場では、半導体製造を行うプロセスユニットが複数配設される。各プロセスユニットは、例えばエッチング装置などの複数のプロセス装置に被処理体として例えば半導体ウエハ（以下、単に「ウエハ」と称する。）を搬送する搬送装置を設けて構成される。このようなプロセスユニットでは、ウエハを各プロセス装置に搬送させながら、所定の順序でプロセス処理を行うようにな

っている。一般に、このエッチング装置などのプロセス仕上りを定期的に確認するために、検査用ウエハを用意する。そして検査用ウエハに対して上記プロセス処理を行う。次いでプロセス処理を行った検査用ウエハに対して検査装置によりエッチングレート、面内均一性などを検査する。この検査結果に応じて上記プロセス処理を続行してよいかを判断していた。

【0 0 0 3】

【特許文献 1】

特開平 9 - 2 2 3 0 6 号公報

【特許文献 2】

特開平 1 0 - 1 2 6 9 4 号公報

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記検査装置は、一般に、プロセスユニットの配置された部屋とは別の部屋に集中して配設される。また、このような検査装置には様々なものがあるが、すべての検査用ウエハが必ずしもすべての検査を行うわけではない。ところが、これらの検査装置の使用計画も整理されていないため、検査用ウエハの検査待ちが発生する。また、検査用ウエハにより各プロセス工程ごとにプロセス装置の状態確認を行う場合には、あるプロセス工程で検査が終るまで、別のプロセス工程のプロセス装置へ検査用ウエハを搬送する場合に搬送待ちが発生する。これにより、プロセス処理に時間がかかり、プロセス装置の稼働率を低下させる原因ともなっていた。なお、検査装置がプロセスユニットの配置された部屋とは別の部屋に集中して配設されたものとしては、例えば特許文献 1 に記載の技術がある。

【0 0 0 5】

このため、プロセス装置ごとに検査装置を組込むシステムも提案されている。これによれば、各プロセス装置ごとに検査を行うことができるので、検査用ウエハの検査待ちや搬送待ちを防ぐことができるとも考えられる。ところが、プロセス装置ごとに検査装置を組込むようにしたのでは、検査の頻度があまり高くないため、かえってコスト高となるという問題がある。

【0006】

また、例えば特許文献2に記載の技術のように通常の製品としての生産用ウエハの生産用搬送経路とは別に、検査用ウエハの検査用搬送系路を設け、検査を行う場合にはこの検査用搬送経路によって検査用ウエハを搬送するものもある。ところが、これでは生産用ウエハの検査を搬送系路が2系統必要となるので、クリーンルームにこれらを設置するエリアも多く必要となり、またウエハの搬送にも時間がかかる。

【0007】

そこで、本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、プロセス処理から検査処理までの時間を短縮し、各プロセス装置の稼働率を向上させることができ、コストを極力抑えることができるプロセス制御システムを提供することにある。

【0008】**【課題を解決するための手段】**

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、工場内の各エリアごとに設けられ、処理結果を予測可能である少なくとも1つのプロセス装置により被処理体に対して行うプロセス処理を制御するプロセス制御システムであって、前記各エリアごとに設けられ、前記各エリア内でプロセス処理された被処理体の計測を行う少なくとも1つの計測装置と、前記各エリアごとに設けられ、前記各エリア内における前記プロセス装置、前記計測装置を含めた各装置間で被処理体を搬送する搬送装置と、前記各エリアごとに設けられ、前記各エリア内における前記プロセス装置、前記計測装置、前記搬送装置を制御する制御装置とを備えたことを特徴とするプロセス制御システムが提供される。

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の別の観点によれば、処理結果を予測可能である少なくとも1つのプロセス装置と、このプロセス装置でプロセス処理された被処理体の計測を行う少なくとも1つの計測装置と、前記プロセス装置及び前記計測装置を含めた各装置間で被処理体を搬送する搬送装置と、前記プロセス装置、前記計測装置、前記搬送装置を制御する制御装置とを各エリアごとに設けた

プロセス制御システムにおける前記各エリアの制御装置が行うプロセス制御方法であって、前記プロセス装置によってプロセス処理される被処理体について前記計測装置で計測する工程と、前記計測装置による計測結果に基づいて前記プロセス装置の処理条件を設定する工程とを有することを特徴とするプロセス制御方法が提供される。

【0010】

このようなシステム又は方法によれば、工場内のクリーンルームなどにおける各エリア（ベイともいう）ごとに計測装置を設けたことにより、各エリアで必要なときに計測装置で必要な計測を行うことができるので、計測装置による計測待ちや搬送待ちも生じることがなく、またプロセス処理を行ってから計測を行うまでの時間も短縮することができる。このため、プロセス装置の稼働率を向上させることができる。しかも、各エリアで行うプロセス制御に必要な計測機器を計測装置に設ければ足りるので、設備投資のコストを低下させることができる。

【0011】

また、上記システム又は方法において、上記制御装置は、前記プロセス装置によってプロセス処理される被処理体について前記計測装置で計測し、その計測結果に基づいて前記プロセス装置の処理条件を設定する如く構成すれば、各エリアごとに、プロセス装置によってプロセス処理を行う製品としての被処理体そのものを計測装置に搬送し、被処理体に形成されたパターンの線幅、膜厚、ドーパ量、膜の密度、ストレスなどのプロセス仕上がり、ウエハ内での分布などを計測装置により自動的に計測して、これらが目標仕様内で加工されているかを検査することができる。このため、プロセス処理を行ってから計測を行うまでの時間も短縮することができる。

【0012】

また、上記システム又は方法において、上記制御装置は、少なくとも前記プロセス装置によるプロセス処理後に前記被処理体を前記搬送装置により前記計測装置に搬送し、前記計測装置による少なくともプロセス処理後の計測結果に基づいて得られた被処理体の処理結果の実測値と処理結果の目標値とを比較して、前記実測値と前記目標値の誤差が所定値以上であると判断した場合は、その誤差に応

じて前記プロセス装置の処理条件を設定し直すようにしてもよい。なお、上記計測は、例えばプロセス処理後のみならず、プロセス処理前後に行ってもよい。

また、少なくとも前記プロセス装置によるプロセス処理後に前記被処理体を前記搬送装置により前記計測装置に搬送し、前記計測装置による少なくともプロセス処理後の計測結果に基づいて得られた被処理体の処理結果の実測値と処理結果の目標値とを比較し、前記実測値と前記目標値の誤差の変動の状況を観測してその傾向を予測し、前記誤差が所定値を越える前に、その誤差変動の傾向に応じて、前記プロセス装置の処理条件を変更するようにしてもよい。なお、この場合の計測も、例えばプロセス処理後のみならず、プロセス処理前後に行ってもよい。

【 0 0 1 3 】

このように構成すれば、目標値からの誤差が大きい場合にはその誤差を補正するようにプロセス条件を調整することができる。このような補正が可能であるため、被処理体にばらつきがあったり、プロセス装置の状態が若干変化することがあったりしても、常に最適な処理条件を設定でき、厳しい設計仕様を満足するプロセス処理を行うことができる。また、製品としての被処理体を 1 枚ごとに計測装置により計測しつつ、プロセス処理を行うこともでき、所定ロットだけの計測や全枚数のウエハを計測することもできるので、各エリアごとに適切なプロセス条件を設定することができる。このように自動的にプロセス条件を設定できるので、プロセス装置の稼働率を向上させることができる。

【 0 0 1 4 】

また、上記システム又は方法において、上記計測装置は、自機（自計測装置）に異常があるか否かを診断する自己診断手段を設け、前記制御装置は、前記処理結果の実測値と目標値の誤差が所定値以上であると判断した場合に、前記計測装置の自己診断手段により自己診断を行わせ、その自己診断の結果に基づいて前記計測装置に異常がないと判断した場合にのみ、前記プロセス装置の処理条件を設定し直す如く構成すれば、計測装置に異常があっても、その影響をプロセス制御に与えることを防止できるので、正確な制御を行うことができる。

【 0 0 1 5 】

また、上記システム又は方法において、上記前記制御装置は、前記プロセス装

置による運転データ及び処理結果データに基づいて多変量解析を行うことにより前記運転データと前記処理結果データの相関関係を求め、この相関関係に基づいて相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果の予測値を求める如く構成すれば、各エリアごとに、少数の試料を処理して得られる少数の運転データ及び処理結果データを収集するだけで相関関係（モデル式）を求めることができ、その後は被処理体を処理した時の運転データを予測式に当てはめるだけで被処理体の処理結果を簡単且つ高精度に予測することができる。

【0 0 1 6】

また、上記システム又は方法において、上記制御装置は、少なくとも前記プロセス装置によるプロセス処理後に前記被処理体を前記搬送装置により前記計測装置に搬送し、前記計測装置による少なくともプロセス処理後の計測結果に基づいて得られた被処理体の処理結果の実測値と前記予測値とを比較して、前記実測値と前記予測値との誤差が所定値以上であると判断した場合に前記相関関係を生成し直す如く構成すれば、一度、上記相関関係（モデル式）を求めた後であっても、ウエハの処理結果が予測値よりも大きく外れてしまう場合には、相関関係（モデル式）を自動的に生成し直して更新するため、常に予測精度を高く保つことができる。

【0 0 1 7】

また、上記システム又は方法において、上記計測装置は、自機に異常があるかを診断する自己診断手段を設け、前記制御装置は、前記処理結果の実測値と予測値の誤差が所定値以上であると判断した場合に、前記計測装置の自己診断手段に自己診断を行わせ、自己診断の結果に基づいて前記計測装置に異常がないと判断した場合にのみ、前記相関関係を生成し直す如く構成すれば、計測装置に異常があっても、その影響を相関関係（モデル式）に与えることを防止できるので、正確な予測を行うことができる。なお、上記システム又は方法において、多変量解析として P L S 法を用いてもよい。

【0 0 1 8】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかるプロセス制御システムの好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【 0 0 1 9 】

先ず、第 1 の実施形態では、プロセス制御システムとして半導体装置の製造プロセスを制御するものを例に挙げて説明する。図 1 に、プロセス制御システムの全体の概略構成を示す。プロセス制御システム 1 0 0 は、例えば半導体製造工場のクリーンルームに設けられる。

【 0 0 2 0 】

クリーンルーム内は、複数のエリア（ここでは「ベイ」と称する。） 1 1 0 （ 1 1 0 A, 1 1 0 B … ）に分けられている。ベイは半導体装置の製造工程に応じた数だけ設けられる。

【 0 0 2 1 】

各ベイ 1 1 0 には、ウエハをプロセス処理する複数のプロセス装置 1 2 0, 1 2 2, 1 2 4 … が配設されている。プロセス装置 1 2 0, 1 2 2, 1 2 4 … としては、例えばエッチング装置、C V D (Chemical vapor deposition: 化学気相成長法) 装置、コータデベロッパ、洗浄装置、CMP (Chemical Mechanical Polishing: 化学的機械的研磨) 装置、P V D (Physical Vapor Deposition: 物理気相成長法) 装置、露光装置、イオンインプラントなどがある。

【 0 0 2 2 】

各ベイ 1 1 0 には、それぞれのベイ 1 1 0 内でプロセス処理されたウエハの形状などを計測する少なくとも 1 つの計測装置 1 3 0 が配設されている。計測装置としては、例えば膜厚装置、O D P (Optical Digital Profiler), F T I R などがある。なお、各ベイ 1 1 0 には、複数の計測装置 1 3 0 を設けてもよい。計測装置 1 3 0 には自機（自計測装置）の構成回路に異常がないか否かを自己診断する自己診断手段の 1 例としての自己診断部 1 3 2 を設けてもよい。

【 0 0 2 3 】

各ベイ 1 1 0 には、搬送装置が設けられている。搬送装置は、例えば各ベイ 1

10に設けられたベイ搬送路140(140A, 140B...)を備える。ベイ搬送路140は、各エリア110内に配設された各プロセス装置120の間又はプロセス装置120と計測装置130との間でウエハを搬送する搬送路である。ベイ搬送路140は、それぞれベイ110間の搬送路を構成する主搬送路142に接続している。搬送装置を例えばOHT(Overhead Hoist Transport), AGV(Automatic Guided Vehicle)などで構成する。この場合、上記搬送路をレールで構成し、このレールでガイドされる走行車により例えばFOUPやウエハカセットなどのキャリアにウエハを保持させた状態で搬送するようにしてもよい。

【0024】

各ベイ110には、各ベイ110内における各プロセス装置120、計測装置130、搬送装置の各装置を制御する制御装置の1例としてのプロセス制御装置150(150A, 150B...)が配設されている。プロセス制御装置150はそれぞれ、各プロセス装置120、計測装置130、搬送装置の各装置と電氣的に接続されている。プロセス制御装置150は、例えばプロセス装置120によってプロセス処理されるウエハについて計測装置130で計測し、その計測結果に基づいてプロセス装置120の処理条件を設定する。具体的には計測装置130による計測結果に基づいてプロセス処理の結果についてモデル式を生成する際の処理条件を決定するようにしてもよい。プロセス装置120が行う処理の具体例の詳細は後述する。

【0025】

上記プロセス制御装置150は、例えばCPU(Central Processing Unit)、各回路を制御するプログラムが格納されているROM(Read Only Memory)、CPUがROM(Read Only Memory)から必要に応じて読出したプログラムを展開して記憶するメモリ領域などを設けたRAM(Random Access Memory)を備えたマイクロプロセッサを備える。また、ハードディスク装置などの記録手段、キーボードなどの入力手段、ディスプレイなどの表示手段、異常があったときに報知する報知手段などを設けてもよい。

【0026】

次に、上記プロセス装置 120 の 1 例としてのエッチング装置について図面を参照しながら説明する。図 1 はエッチング装置の概略構成を示す断面図である。エッチング装置 201 は、電極板が上下平行に対向し、一方にプラズマ形成用電源が接続された容量結合型平行平板エッチング装置として構成されている。

【0027】

このエッチング装置 201 は、例えば表面が陽極酸化処理（アルマイト処理）されたアルミニウムからなる円筒形状に成形されたチャンバー（処理室）202 を有しており、このチャンバー 202 は接地されている。チャンバー 202 内の底部にはセラミックなどの絶縁板 203 を介して、ウエハ W を載置するための略円柱状のサセプタ支持台 204 が設けられている。このサセプタ支持台 204 の上には、下部電極を構成するサセプタ 205 が設けられている。このサセプタ 205 にはハイパスフィルター（HPF）206 が接続されている。

【0028】

サセプタ支持台 204 の内部には、温度調節媒体室 207 が設けられている。そして、導入管 208 を介して温度調節媒体室 207 に温度調節媒体が導入、循環され、排出管 209 から排出される。このような温度調節媒体の循環により、サセプタ 205 を所望の温度に制御できるようになっている。

【0029】

サセプタ 205 は、その上側中央部が凸状の円板状に成形され、その上にウエハ W と略同形の静電チャック 211 が設けられている。静電チャック 211 は、絶縁材の間に電極 212 が介在された構成となっている。静電チャック 211 は、電極 212 に接続された直流電源 213 から例えば 1.5 kV の直流電圧が印加されることにより、静電力によってウエハ W を静電吸着する。

【0030】

そして、絶縁板 203、サセプタ支持台 204、サセプタ 205、さらには静電チャック 211 には、被処理体であるウエハ W の裏面に、伝熱媒体（例えば He ガスなどのバックサイドガス）を供給するためのガス通路 214 が形成されており、この伝熱媒体を介してサセプタ 205 とウエハ W との間の熱伝達がなされ、ウエハ W が所定の温度に維持されるようになっている。

【0031】

サセプタ 205 の上端周縁部には、静電チャック 211 上に載置されたウエハ W を囲むように、環状のフォーカスリング 215 が配置されている。このフォーカスリング 215 は、セラミックス或いは石英などの絶縁性材料或いは導電性材料からなり、エッチングの均一性を向上させるようになっている。

【0032】

また、サセプタ 205 の上方には、このサセプタ 205 と平行に対向して上部電極 221 が設けられている。この上部電極 221 は、絶縁材 222 を介して、チャンバー 202 の内部に支持されている。上部電極 221 は、サセプタ 5 との対向面を構成し多数の吐出孔 223 を有する電極板 224 と、この電極板 224 を支持する電極支持体 225 とによって構成されている。上記電極板は例えば石英からなり、上記電極支持体 225 は例えば表面がアルマイト処理されたアルミニウムなどの導電性材料からなる。なお、サセプタ 205 と上部電極 221 との間隔は、調節可能とされている。

【0033】

上部電極 221 における電極支持体 225 の中央には、ガス導入口 226 が設けられている。このガス導入口 226 には、ガス供給管 227 が接続されている。さらにこのガス供給管 227 には、バルブ 228、並びにマスフローコントローラ 229 を介して、処理ガス供給源 230 が接続されている。

【0034】

この処理ガス供給源 230 から、プラズマエッチングのためのエッチングガスが供給されるようになっている。なお、図 2 には、上記の処理ガス供給源 230 等からなる処理ガス供給系を 1 つのみ図示しているが、これらの処理ガス供給系は複数設けられており、例えば、 CF_4 、 O_2 、 N_2 、 CHF_3 等のガスをそれぞれ独立に流量制御して、チャンバー 202 内に供給できるよう構成されている。

【0035】

一方、チャンバー 202 の底部には排気管 31 が接続されており、この排気管 231 には排気装置 235 が接続されている。排気装置 235 はターボ分子ポン

プなどの真空ポンプを備えており、チャンバー 2 0 2 内を所定の減圧雰囲気（例えば 0. 6 7 P a 以下）まで真空引き可能に構成されている。また、チャンバー 2 0 2 の側壁にはゲートバルブ 2 3 2 が設けられている。このゲートバルブ 2 3 2 を開にした状態で、ウエハ W が、ベイ搬送路 1 4 0 との間でウエハカセットなどを介して搬送されるようになっている。

【 0 0 3 6 】

上部電極 2 2 1 には、第 1 の高周波電源 2 4 0 が接続されており、その給電線には整合器 2 4 1 が介挿されている。また、上部電極 2 2 1 にはローパスフィルター（L P F） 2 4 2 が接続されている。この第 1 の高周波電源 2 4 0 は、5 0 ～ 1 5 0 M H z の範囲の周波数を有している。このように高い周波数の電力を印加することにより、チャンバー 2 0 2 内に好ましい解離状態でかつ高密度のプラズマを形成することができ、従来より低圧条件下のプラズマ処理が可能となる。この第 1 の高周波電源 2 4 0 の周波数は、5 0 ～ 8 0 M H z が好ましく、典型的には図示した 6 0 M H z またはその近傍の周波数が採用される。

【 0 0 3 7 】

下部電極としてのサセプタ 2 0 5 には、第 2 の高周波電源 2 5 0 が接続されており、その給電線には整合器 2 5 1 が介挿されている。この第 2 の高周波電源 2 5 0 は数百 k H z ～ 十数 M H z の範囲の周波数を有している。このような範囲の周波数を印加することにより、被処理体であるウエハ W に対してダメージを与えることなく適切なイオン作用を与えることができる。第 2 の高周波電源 2 5 0 の周波数は、典型的には図示した 1 3. 5 6 M H z または 2 M H z 等の周波数が採用される。

【 0 0 3 8 】

次に、本実施形態にかかるプロセス制御システムによるプロセス制御の具体例について説明する。ここでは、上記エッチング装置 2 0 1 をプロセス装置 1 2 0 とし、計測装置 1 3 0 をウエハのパターンの形状要素を計測する装置として構成し、ウエハに形成するマスク（例えば有機系反射防止膜）のトリミング量の制御を行う場合について説明する。

【 0 0 3 9 】

このトリミングは、ウエハ上により細かい配線などを行う場合に有効である。すなわち、フォトリソ工程によりウエハに所定のパターンを形成する場合、一般的には露光／現像工程の技術的限界により $0.07\ \mu\text{m}$ 程度以下の線幅のマスク層を形成することが困難である。しかし、予めマスク層の線幅を本来形成した幅よりも広く設定しておき、この線幅をエッチング工程によって狭くする（トリミングする）ことにより、マスク層の露光、現像工程において、無理にマスク層の線幅を細くすることなく、エッチング工程におけるトリミングによって、結果として線幅の細かい配線等を形成することができる。

【0040】

このようなマスクのトリミング量は、例えば流量比 $[\text{O}_2\text{ 流量} / (\text{CF}_4 + \text{O}_2)\text{ 流量}]$ により制御することができることが実験等によりわかった。従って、本実施の形態では、上記のことを利用して、計測装置 130 によりウエハに形成されたパターンにおける形状要素を計測し、その計測結果に基づいて流量比 $[\text{O}_2\text{ 流量} / (\text{CF}_4 + \text{O}_2)\text{ 流量}]$ を制御し、ウエハ上に設計通りのパターンを形成させる。

【0041】

先ず、マスク（例えば有機系反射防止膜）のトリミング量と流量比 $[\text{O}_2\text{ 流量} / (\text{CF}_4 + \text{O}_2)\text{ 流量}]$ との関係を説明する。ここではマスクとして ArF レジストを用いた。図 3 は、ArF レジストを用いたウエハの縦断面の一部を拡大して模式的に示すものである。

【0042】

図 3 に示すウエハでは、図 3 (a) に示すようにポリシリコン膜 321 上に、シリコン酸化膜 322 が所定膜厚で（本実施形態では $50\ \text{nm}$ ）形成され、このシリコン酸化膜 322 上に有機系反射防止膜 323 が所定膜厚で（本実施形態では $80\ \text{nm}$ ）形成されている。また、有機系反射防止膜 323 の上には、上述したような露光工程、現像工程を経て所定のパターンにパターンニングされた所定膜厚の（本実施形態では $240\ \text{nm}$ ）ArF レジスト 324 が形成されている。なお、本実施形態では、ArF レジスト 324 の線幅（図中 d で示す）は、 $80\ \text{nm}$ とされている。

【0043】

図3 (a) に示す状態から、まず CF_4 ガスと O_2 ガスとからなるエッチングガスを使用したプラズマエッチングにより、ArFレジスト324 (マスク層) を介して有機系反射防止膜323をエッチングし、図3 (b) に示すように有機系反射防止膜323を所定のパターンにパターニングする。

【0044】

この後、図3 (b) に示す状態から、ArFレジスト324 (マスク層) 及び有機系反射防止膜323を介して、シリコン酸化膜322を、 CF_4 ガスと CHF_3 ガスとからなるエッチングガスを使用したプラズマエッチングにより、図3 (c) に示すように、所定のパターンにパターニングする。

【0045】

そして、この後、ArFレジスト324及び有機系反射防止膜323をアッシング等により除去する。

【0046】

また、有機系反射防止膜323のエッチング工程では、前述したトリミングを行うことができるが、このトリミング量の制御も容易に行うことができ、また、シリコン酸化膜322のエッチング工程では、このトリミングされた縁幅をほとんど変化させることなく、エッチングを行うことができる。

【0047】

上述の工程により、直径200mmのウエハを以下の条件でエッチング処理を行った。また、エッチングガスの総流量($\text{CF}_4 + \text{O}_2$)に対する O_2 ガスの流量比を変化させた際のトリミング量の変化を調べるため、流量比[O_2 流量 / ($\text{CF}_4 + \text{O}_2$) 流量] を変更して、複数回のエッチングを行った。

【0048】

有機系反射防止膜のエッチングの条件は以下の通りである。

エッチングガス： $\text{CF}_4 + \text{O}_2$ (総流量40 sccm)

圧力：0.67 Pa (5 mTorr)

上部電極印加高周波電力：300 W

下部電極印加高周波電力：60 W

電極間距離；140 mm

温度でトップ／ウォール／ボトム）：80／60／75℃

He ガス圧力（センター／エッジ）：400／400 Pa（3 Torr）

オーバーエッチング：10%

【0049】

シリコン酸化膜のエッチングの条件は以下の通りである。

エッチングガス；CF₄（流量20 sccm）+CHF₃（流量20 sccm）

圧力：5.3 Pa（40 mTorr）

上部電極印加高周波電力：600 W

下部電極印加高周波電力：100 W

電極間距離：140 mm

温度（トップ／ウォール／ボトム）：80／30／65℃

He ガス圧力（センター／エッジ）：1300／1300 Pa（10 Torr）

オーバーエッチング：10%

【0050】

このトリミング量の制御の結果を図4に示す。図4のグラフは、縦軸をトリミング量（nm）、横軸を[O₂ 流量／（CF₄＋O₂）流量]の流量比（%）として、これらの関係を示すもので、図中三角形の印で、上記エッチング処理を行った場合の結果を示してある。なお、この場合、下部電極に印加された単位面積当たりの高周波電力量（RF電力密度）は、0.19 W/cm²である。同図に示すように、流量比[O₂ 流量／（CF₄＋O₂）流量]を変化させることによって、略直線状にトリミング量を変化させることができることがわかった。

【0051】

次に、流量比[O₂ 流量／（CF₄＋O₂）流量]を変化させることによって略直線状にトリミング量を変化させることができることを踏まえて、本発明にかかるプロセス制御システムによりマスクのトリミング量を制御することによってウエハ上に所望のパターンを形成する場合について図5を参照しながら説明する。図5は、プロセス制御装置150が行うプロセス条件変更処理のフローチャートを示す図である。

【0052】

先ず、ステップS100にてプロセス処理前のパターン形状を計測する。すなわち、有機系反射防止膜323をエッチングする前のウエハを計測装置130に搬送路140を介して搬送し、計測装置130に図3(a)に示す線幅dを計測させる。そしてプロセス制御装置150は、計測装置130により計測が行われると、その計測値を計測装置130から受信する。

【0053】

ここで、プロセス制御装置150は、受信したエッチング処理前の計測値と目標値との差に応じて予め記憶している図4に示すトリミング量と流量比との関係から流量比の条件を決定し、プロセス装置120に適正処理条件を送信するようにしてもよい(ステップS110)。例えばエッチング処理前の計測値が80nmであり、エッチング処理後の目標線幅が50nm、つまり目標トリミング量が-30nmの場合、プロセス制御装置150は予め記憶している図4に示すトリミング量と流量比との関係から流量比50%の条件を決定し、プロセス装置120に適正処理条件を送信することができる。

【0054】

このエッチング処理前の計測が終了すると、そのウエハを搬送路140を介してプロセス装置120に搬送し、プロセス装置120により前記適正処理条件で有機系反射防止膜323のエッチング処理を実行させる。

【0055】

次いでステップS120にてプロセス処理後のパターン形状を計測する。すなわち、プロセス装置120による有機系反射防止膜323のエッチング処理後、再びそのウエハを計測装置130に搬送し、図3(b)に示す線幅d'を計測させて、その計測値のデータを計測装置130から受信する。

【0056】

次に、ステップS130にてプロセス処理前後の線幅の計測差を算出する。すなわち、有機系反射防止膜323のエッチング前後の線幅の計測差(例えばd'-d)を算出する。この計測差がトリミング量となる。

【0057】

続いて、ステップ S 140 にてこの計測差、すなわちトリミング量と目標値（目的のトリミング量）との誤差が所定値以上か否かを判断する。ステップ S 140 にて計測差（トリミング量）と目的値との誤差が所定値以上でないと判断した場合は、この処理を終了する。

【0058】

また、ステップ S 140 にて計測差（トリミング量）と目的値との誤差が所定値以上であると判断した場合は、ステップ S 150 にて計測装置 130 の自己診断部 132 を動作させて計測装置 130 の自己診断を行って、ステップ S 160 にて計測装置 130 に異常がないか否かを判断する。

【0059】

ステップ S 160 にて計測装置 130 に異常がないと判断した場合であって、エッチング処理前の計測装置 130 によるパターン形状の計測値がほぼ同じウエハを連続して処理する場合は、ステップ S 170 にてプロセス装置 120 であるエッチング装置 201 に対して処理条件の変更を行う。具体的には、図 4 に示すトリミング量と流量比 $[O_2 \text{ 流量} / (CF_4 + O_2) \text{ 流量}]$ との関係に基づき、上記誤差に応じて流量比 $[O_2 \text{ 流量} / (CF_4 + O_2) \text{ 流量}]$ を変化させる。これにより、トリミング量と目的値に所定値以上の誤差が生じていた場合には、トリミング量が目的値に近づくように制御される。

【0060】

なお、実測値と目標値の誤差の変動の状況を観測してその傾向を予測し、誤差が所定値を越える前に、その誤差変動の傾向に応じて、プロセス装置の処理条件を変更するようにしてもよい。例えば誤差が徐々に増える傾向にあれば、その傾向に応じて処理条件を少しずつ変更していくようにしてもよく、また誤差の増え方が大きい傾向にあればその傾向に応じて処理条件の変更の度合を少し大きくとるように制御してもよい。このように、事前に処理条件の変更を行うことによって、誤差が所定値以上にならないように制御することができる。

【0061】

ステップ S 160 にて計測装置 130 に異常があると判断した場合は、ステップ S 180 にてエラー処理を行う。プロセス制御装置 150 はエラー処理として

、例えば計測装置 130 に異常があることの報知手段による報知や表示手段にエラー表示を行う。

【0062】

このように、計測装置 130 自体に異常がある場合には、エッチング装置 201 に対して処理条件の変更は行われない。計測装置 130 自体に異常がある場合には、たとえ処理条件を変更しても正確な制御を行うことができないからである。

【0063】

なお、図 5 に示す処理においてステップ S160、ステップ S180 は必ずしも設ける必要はないが、ステップ S160、ステップ S180 を設けることにより、計測装置 130 に異常があっても、その影響をプロセス制御に与えることを防止できるので、正確な制御を行うことができる。また、図 5 に示す処理においては、計測装置 130 によりプロセス処理前後で計測を行う場合について説明したが、必ずしもこれに限定されるものではなく、プロセス処理後だけ計測を行ってもよい。例えば連続してプロセス処理を行う場合に、直前に行ったプロセス処理後の計測値を記憶しておき、その計測値と今回行ったプロセス処理後の計測値との計測差を求めてもよい。

【0064】

このように、各ベイ 110 ごとに計測装置 130 を設けたことにより、各ベイ 110 内においてプロセス制御装置 150 は、プロセス装置 120、122、124…によってプロセス処理されるウエハについて計測装置 130 によりパターンの形状などを計測し、その計測結果に基づいてプロセス装置の処理条件を設定し直すことができる。これにより、各ベイ 110 ごとに常に正確なプロセス制御を行うことができる。

【0065】

また、各ベイ 110 ごとに計測装置 130 を設けたことにより、各ベイ 110 で必要なときに計測装置 130 で必要な計測を行うことができるので、計測装置 130 による計測待ちや搬送待ちも生じることがなく、またプロセス処理を行っ

てから計測を行うまでの時間も短縮することができる。このため、プロセス装置の稼働率を向上させることができる。しかも、各ベイで行うプロセス制御に必要な計測機器を計測装置 130 に設ければ足りるので、設備投資のコストを低下させることができる。

【0066】

また、各ベイ 110 ごとに計測装置 130 を設け、各プロセス制御装置 150 によりプロセス処理を制御することにより、検査や解析のためのウエハではなく、製品としてのウエハそのものに形成されたパターンの線幅、膜厚、ドーピング量、膜の密度、ストレスなどのプロセス仕上がり、ウエハ内での分布などを計測装置 130 により自動的に計測して、これらが目標仕様内で加工されているかを検査することができる。また目標値からの誤差が大きい場合にはその誤差を補正するようにプロセス条件を調整することができる。このような補正が可能であるため、被処理体にばらつきがあったり、プロセス装置の状態が若干変化するようなことがあったりしても、常に最適な処理条件を設定でき、厳しい設計仕様を満足するプロセス処理を行うことができる。また、製品としてのウエハを 1 枚ごとに計測装置 130 により計測しつつ、プロセス処理を行うこともでき、所定ロットだけの計測や全枚数のウエハを計測することもできる。

【0067】

次に、本発明の第 2 の実施形態について図面を参照しながら説明する。本実施形態は、プロセス制御装置 150 がプロセス装置 120、122、124…のプロセス処理の結果を予測するモデル式を多変量解析を利用して生成し、このモデル式に基づいてプロセス制御を行う場合である。

【0068】

本実施形態におけるプロセス装置 120 は、図 2 に示すエッチング装置 201 とする。また本実施形態におけるプロセス制御装置 150 は、多変量解析手段 400 を備える。

【0069】

上記多変量解析手段 400 は、図 6 に示すように、運転データ記憶部 410、処理結果データ記憶部 420、多変量解析プログラム記憶部 430、多変量解析

処理部 440 及び多変量解析結果記憶部 450 を備えている。

【0070】

上記運転データ記憶部 410 は運転データを記憶する手段を構成し、上記処理結果データ記憶部 420 は処理結果データを記憶する手段を構成する。多変量解析処理部 440 は運転データと処理結果データとの相関関係（例えば予測式、回帰式）を求める手段と相関関係に基づいて処理結果を予測する手段を構成する。多変量解析結果記憶部 450 は多変量解析処理部 440 により求めた相関関係を記憶する手段を構成する。

【0071】

上記多変量解析手段 400 は具体的には例えば多変量解析プログラム記憶部 430 からのプログラムに基づいて動作するマイクロプロセッサなどで構成してもよい。またプロセス制御装置 150 を構成するマイクロプロセッサを多変量解析手段 400 として用いて処理を行うようにしてもよい。上記運転データ記憶部 410、処理結果データ記憶部 420、多変量解析結果記憶部 450 はそれぞれプロセス制御装置 150 に備えられたメモリなどの記録手段で構成してもよく、またハードディスクなどの記録手段にそれぞれのメモリ領域を設けて構成してもよい。

【0072】

多変量解析手段 400 は、運転データ及びプロセス特性データの入力によりそれぞれのデータを運転データ記憶部 410 及び処理結果データ記憶部 420 で記憶した後、これらのデータ及び多変量解析プログラム記憶部 430 のプログラムを多変量解析処理部 440 に取り出し、多変量解析処理部 440 において運転データ及びプロセス特性データの多変量解析を行い、その処理結果を多変量解析結果記憶部 450 で記憶する。

【0073】

具体的には、上記多変量解析手段 400 は、複数種の運転データを説明変量（説明変数）とし、処理結果データを被説明変量（目的変量、目的変数）とする下記①の関係式（回帰式などの予測式、モデル）を多変量解析プログラムを用いて求める。下記①の回帰式において、 X は説明変量の行列を意味し、 Y は被説明変

量の行列を意味する。また、Bは説明変量の係数（重み）からなる回帰行列であり、Eは残差行列である。

【0 0 7 4】

$$Y = B X + E \cdots \textcircled{1}$$

【0 0 7 5】

上記①を求める際には、例えばJOURNAL OF CHEMOMETRICS, VOL.2 (PP211-228) (1998)に掲載されているP L S (Partial Least Squares)法を用いている。このP L S法は、行列X、Yそれぞれに多数の説明変量及び被説明変量があってもそれぞれの少数の実測値があればXとYの関係を求めることができる。しかも、少ない実測値で得られた関係式であっても安定性及び信頼性の高いものであることもP L S法の特徴である。

【0 0 7 6】

多変量解析プログラム記憶部4 3 0にはP L S法用のプログラムが記憶され、多変量解析処理部4 4 0において運転データ及びプロセス特性データをプログラムの手順に従って処理し、上記①式を求め、この結果を多変量解析結果記憶部5 5で記憶する。従って、第1の実施形態では上記①式を求めれば、後は運転データを説明変量として行列Xに当てはめることによってプロセス特性を予測することができる。しかもこの予測値は信頼性の高いものになる。

【0 0 7 7】

本実施形態にかかる多変量解析手段4 0 0では、例えば上述した流量比[O₂流量/(CF₄+O₂)流量]などのガス流量の実測データを含む運転中の各種モニタ（各種計測器など）の実測データであるトレースデータを運転データとし、上述したウエハに形成するマスク（例えば有機系反射防止膜）のトリミング量などのパターン測定値を処理結果データとして用いて多変量解析を行い、マスクのトリミング量を予測する。なお、運転データとしてトレースデータの代りにガス流量設定データを含む、各種運転条件設定データを用いることもできる。

【0 0 7 8】

トレースデータとしては、ガス流量の実測データの他にチャンバー2 0 2内の複数箇所の温度（上部電極温度T₁、壁面温度T₂、下部電極温度T₃）の実測

データが挙げられる。さらにトレースデータとして次のようなデータを加えてもよい。

【0079】

例えば図2に示す排気装置35にAPC (Auto Pressure Controller) バルブを設け、チャンバー202内のガス圧力に即してAPCバルブの開度を自動的に調節するように構成する。このAPCバルブによるAPC開度を検出してトレースデータに含めてもよい。

【0080】

また、静電チャック211の印加電流、印加電圧を検出する電力計を設け、この電力計から検出された静電チャック211の印加電流、印加電圧のデータをトレースデータに含めてもよい。

【0081】

また、伝熱媒体（例えばHeガスなど）を供給するためのガス通路214には例えばマスフローコントローラを設け、このマスフローコントローラにより伝熱ガスのガス流量を検出する。伝熱ガスのガス流量は、圧力計により検出される伝熱ガスのガス圧力とともに、トレースデータに含めてもよい。

【0082】

上記整合器241又は251は例えば2つの可変コンデンサ、コイルなどを内蔵し、可変コンデンサC1、C2を介してインピーダンス整合を取っている。整合状態での可変コンデンサC1、C2のポジションをトレースデータとして含めてもよい。また、上記整合器241又は251に電力計を設け、この電力計により高周波電力の供給ライン（電線）とエッチング装置201のグランド（接地）との間の電圧Vdcを計測する。この高周波電力供給ライン（電線）と接地間の電圧Vdcをトレースデータとして含めてもよい。

【0083】

また、上記整合器241又は251の上部電極221側又は下部電極205側（高周波電圧の出力側）に電気計測器（例えば、VIプローブ）を取り付け、この電気計測器を介して上部電極221又は下部電極205に印加される高周波電力Pにより発生するプラズマに基づく基本波（高周波電力の進行波及び反射波）

及び高調波の高周波電圧 V ，高周波電流 I ，高周波位相 P ，インピーダンス Z を電氣的データとして検出する。この高周波電力の進行波及び反射波をトレースデータとして含めてもよい。

【0084】

高周波電源 250 と電力計との間に、高周波電力の印加時間を積算する積算部を接続し、この積算部により検出された高周波電力の印加積算時間をトレースデータとして含めてもよい。ここでいう印加積算時間は、ウエハ W を処理するごとに高周波電力を印加する時間を積算したものである。

【0085】

なお、上記積算部は、エッチング装置 201 のメンテナンスを行うごとに上記高周波電力の印加積算時間をゼロにリセットするようになっている。従って、ここでいう高周波電力の印加積算時間は、次のメンテナンスを行うまでの印加積算時間となる。上記メンテナンスとしては、例えばエッチングにより生じたエッチング装置 201 内の副生成物（例えばパーティクル）を除去する等のために行うウェットクリーニング、消耗品や測定器の交換などがある。

【0086】

このような多変量解析手段 400 では、例えば上記運転データであるトレースデータ又は設定データを説明変数とし、処理結果データとしてパターン測定値であるマスクのトリミング量（図 3 に示す線幅 d と線幅 d' との差）を被説明変量（目的変量）として、①の関係式（回帰式）を例えば PLS 法用の多変量解析プログラムを用いて求める。そして、求めた回帰式に運転データを入力してマスクのトリミング量を予測する。

【0087】

また、多変量解析処理部 440 では、①の関係式（回帰式）の算出等の多変量解析を行う前に、運転データ及び処理結果データに対して MSC (Multiplicative Signal Correction) などの前処理を行うようにしてもよい。この MSC による前処理は一般的には、サンプルから理想スペクトルを得ることにより、サンプル間の分散がより小さくなるよう補正する前処理である。具体的には上記 MSC による前処理は例えばサンプル毎に波長方向に平均を算出（理想スペクトル）し

、各サンプルに対して理想スペクトルとの線形回帰直線を算出する。線形回帰直線から得られる傾きと切片より、各サンプルのデータを補正する。なお、上記M S Cによる前処理についての詳細は例えばGelad,et al.,(1985),Linearization and Scatter-infrared Reflectance Spectra of Meat,Applied Spectroscopy, 3,491-500.に記載されている。

【0 0 8 8】

次に、エッチング装置 2 0 1 の動作について説明する。エッチング装置 2 0 1 の運転を開始すると、エッチング装置 2 0 1 で整合器 2 4 1、2 5 1 などの各測定器から間欠的に検出された検出データは、プロセス制御装置 1 5 0 の多変量解析手段 4 0 0 へ逐次入力される。続いて、それぞれの運転データの各ウエハ毎の平均値を多変量解析処理部 4 4 0 を介して求める。次いで、各ウエハ毎のそれぞれの運転データの平均値を運転データ記憶部 4 1 0 で記憶し、あるいはそのまま次の処理に備える。

【0 0 8 9】

そして、エッチング装置 2 0 1 からエッチング処理後のウエハを取り出させ、搬送路 1 4 0 を介して計測装置 1 3 0 へ搬送する。この計測装置 1 3 0 により、エッチング処理後のウエハに対してマスクのトリミング量を算出する。具体的にはエッチング処理前に計測装置 1 3 0 により計測した図 3 (a) に示す線幅 d とエッチング処理後に計測装置 1 3 0 により計測した図 3 (b) に示す線幅 d' との差をトリミング量として算出する。この計測装置 1 3 0 からのトリミング量がプロセス制御装置 1 5 0 の多変量解析手段 4 0 0 へ入力されると、この入力値を処理結果データとして処理結果データ記憶部 4 2 0 に記憶する。そして前処理を行わず又は前処理を行ってから P L S 法による回帰式 (①の関係式) を求める。

【0 0 9 0】

そして、実際にエッチング装置 2 0 1 でエッチング処理を行う際には、各測定器から間欠的に検出されたトレースデータ又は設定データがプロセス制御装置 1 5 0 に入力されると、プロセス制御装置 1 5 0 の多変量解析手段 4 0 0 は、このトレースデータ又は設定データを説明変数として上述したように求めた P L S 法

による回帰式を用いて目的変数であるトリミング量の予測値を算出する。

【0091】

次に、本実施の形態にかかるプロセス制御システムにより、PLS法による回帰式（モデル式）を更新するモデル式更新処理を図面を参照しながら説明する。図5は、プロセス制御装置150が行うモデル式更新処理のフローチャートを示す図である。

【0092】

先ず、ステップS200にてプロセス処理前のパターン形状を計測する。すなわち、有機系反射防止膜323をエッチングする前のウエハを計測装置130に搬送路140を介して搬送し、計測装置130に図3（a）に示す線幅dを計測させる。そしてプロセス制御装置150は、計測装置130により計測が行われると、その計測値を計測装置130から受信する。

【0093】

ここで、予め多変量解析結果記憶部150に記憶されているトリミング量と流量比を含む各種設定データとの相関関係から、少なくともトリミング量に大きく影響する流量比の適正条件を決定し、プロセス装置120に適正条件を送信してもよい（ステップS210）。

【0094】

このエッチング処理前の計測が終了すると、そのウエハを搬送路140を介してプロセス装置120に搬送し、プロセス装置120により前記適正条件で有機系反射防止膜323のエッチング処理を実行させる。

【0095】

次いでステップS220にてプロセス処理後のパターン形状を計測する。すなわち、プロセス装置120による有機系反射防止膜323のエッチング処理後、再びそのウエハを計測装置130に搬送し、図3（b）に示す線幅d'を計測させて、その計測値のデータを計測装置130から受信する。

【0096】

次に、ステップS230にてプロセス処理前後の線幅の計測差を算出する。すなわち、有機系反射防止膜323のエッチング前後の線幅の計測差（例えばd'

ー d) を算出する。この計測差がトリミング量となる。

【 0 0 9 7 】

続いて、ステップ S 2 4 0 にてこの計測差，すなわちトリミング量と上記多変量解析手段 4 0 0 によるトリミング量の予測値との誤差が所定値以上か否かを判断する。ステップ S 2 4 0 にて計測差（トリミング量）と予測値との誤差が所定値以上でないと判断した場合は，この処理を終了する。

【 0 0 9 8 】

また，ステップ S 2 4 0 にて計測差（トリミング量）と予測値との誤差が所定値以上であると判断した場合は，ステップ S 2 5 0 にて計測装置 1 3 0 の自己診断部 1 3 2 を動作させて計測装置 1 3 0 の自己診断を行って，ステップ S 2 6 0 にて計測装置 1 3 0 に異常がないか否かを判断する。

【 0 0 9 9 】

ステップ S 2 6 0 にて計測装置 1 3 0 に異常がないと判断した場合は，ステップ S 2 7 0 にて多変量解析手段 4 0 0 によりモデル式を生成し直して，モデル式を更新する。このように，一度 P L S 法によるモデル式（回帰式）を求めた後であっても，ウエハの処理結果が予測値よりも大きく外れてしまう場合には，モデル式（回帰式）を自動的に生成し直して更新するため，常に予測精度を高く保つことができる。

【 0 1 0 0 】

なお，実測値と予測値の誤差の変動の状況を観測してその傾向を予測し，誤差が所定値を越える前に，その誤差変動の傾向に応じて，プロセス装置の処理条件を変更するようにしてもよい。例えば誤差が徐々に増える傾向にあれば，その傾向に応じて処理条件を少しずつ変更していくようにしてもよく，また誤差の増え方が大きい傾向にあればその傾向に応じて処理条件の変更の度合を少し大きくとるように制御してもよい。このように，事前に処理条件の変更を行うことによって，誤差が所定値以上にならないように制御することができる。

【 0 1 0 1 】

ステップ S 2 6 0 にて計測装置 1 3 0 に異常があると判断した場合は，ステップ S 2 8 0 にてエラー処理を行う。プロセス制御装置 1 5 0 はエラー処理として

、例えば計測装置 130 に異常があることの報知手段による報知や表示手段にエラー表示を行う。なお、第 1 の実施形態の場合と同様に図 7 に示す処理においてステップ S260、ステップ S280 は必ずしも設ける必要はないが、ステップ S260、ステップ S280 を設けることにより、計測装置 130 に異常があっても、その影響を相関関係（モデル式）に与えることを防止できるので、正確な予測を行うことができる。また、図 7 に示す処理においても、図 5 に示す処理と同様に、計測装置 130 によりプロセス処理前後で計測を行う場合について説明したが、必ずしもこれに限定されるものではなく、プロセス処理後だけ計測を行ってもよい。例えば連続してプロセス処理を行う場合に、直前に行ったプロセス処理後の計測値を記憶しておき、その計測値と今回行ったプロセス処理後の計測値との計測差を求めてもよい。

【0102】

このように、各ベイ 110 ごとに計測装置 130 を設けたことにより、各ベイ 110 内においてプロセス制御装置 150 は、プロセス装置 120、122、124…によってプロセス処理されるウエハについて計測装置 130 によりパターンの形状などを計測し、その計測結果に基づいてプロセス装置のモデル式を生成し直すことができる。これにより、各ベイ 110 ごとに常に正確な予測に基づくプロセス制御を行うことができる。

【0103】

なお、第 2 の実施形態においては、運転データとしてトレースデータを用いたものについて説明したが、必ずしもこれに限られることはない。例えばエッチング装置 201 にチャンバー 202 内のプラズマ発光を検出する分光器（以下、「光学計測器」と称す。）を設け、この光学計測器によって得られる特定の波長範囲（例えば 200～950 nm）の発光スペクトル強度を光学的データとし、この光学データを運転データとして用いてもよい。

【0104】

また、上記整合器 241、251 に設けた電気計測器（例えば、VIプローブ）を介して上部電極 221 又は下部電極 205 に印加される高周波電力 P により発生するプラズマに基づく高調波の高周波電圧 V、高周波電流 I、高周波位相 P

，インピーダンス Z を $V I$ プローブデータとし，この $V I$ プローブデータを運転データとしてもよい。

【0 1 0 5】

さらに，これらのトレースデータ，光学データ， $V I$ プローブデータのすべてを運転データとしてもよく，いずれかのデータを運転データとしてもよい。またトレースデータについてもすべてのデータを運転データとしてもよく，また一部のデータを運転データとしてもよい。

【0 1 0 6】

また，計測装置で計測する処理結果データとしては，本実施形態のようにエッチングパターンの線幅やテーパー各などのエッチング特性を示すデータを用いる他，例えばエッチングレートや面内均一性などのデータを用いてもよい。

【0 1 0 7】

また，第 2 の実施形態では多変量解析を行う際に $P L S$ 法を用いて回帰式①を求めたが， $P L S$ 法以外の他の従来公知の数値計算手法（例えば，ベキ乗法等）を用いて固有値及びその固有ベクトルを求めても良い。

【0 1 0 8】

以上，添付図面を参照しながら本発明に係る好適な実施形態について説明したが，本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば，特許請求の範囲に記載された範疇内において，各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり，それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0 1 0 9】

例えば上記実施の形態では，多変量解析手段 4 0 0 はプロセス制御装置 1 5 0 に設けた場合について説明したが，必ずしもこれに限定されることはなく，多変量解析手段 4 0 0 は各プロセス装置 1 2 0 に設けてもよい。これにより，プロセス制御装置 1 5 0 からの指令に基づいて各プロセス装置 1 2 0 が多変量解析を行い，また処理結果を計測することができるので，プロセス制御装置の負担を軽減することができ，データ処理速度を向上することができる。

【0 1 1 0】

例えば各ベイには、計測装置を 2 つ以上設けてもよい。各ベイ 110 に 2 つの計測装置 160, 162 を設けた例を図 8 に示す。計測装置 160, 162 にはそれぞれ自己診断部 161, 162 が設けられている。このようなプロセス制御システムでは、例えばプロセス装置 120 によるプロセス処理の前後で計測装置 160 にウエハを搬送して所望の計測を行った後、プロセス装置 122 によるプロセス処理の前後で計測装置 160 にウエハを搬送して所望の計測を行うようにしてもよい。また計測装置 160 による計測終了後に、計測装置 162 にウエハを搬送して別の計測を行ってからプロセス装置 124 によるプロセス処理を行うようにしてもよい。

【0111】

このように、各ベイ 110 ごとに必要な計測装置 130 をいくつでも設けることができるので、計測装置 130 の処理能力と、必要な計測計画に基づいて計測装置 130 の設置を計画できる。これにより、設備投資を効率的に行うことができる。

【0112】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、プロセス処理から検査処理までの時間を短縮し、各プロセス装置の稼働率を向上させることができ、コストを極力抑えることができるプロセス制御システム及びプロセス処理方法を提供できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態にかかるプロセス制御システムの構成を示すブロック図である。

【図 2】

同実施形態におけるプロセス装置の 1 例としてのエッチング装置の概略構成を示す断面図である。

【図 3】

同実施形態におけるウエハに形成するパターンの構成を示す模式図である。

【図 4】

同実施形態におけるガス流量比とトリミング量との関係を示す図である。

【図 5】

同実施形態におけるプロセス制御装置が行うプロセス条件変更処理を示す図である。

【図 6】

本発明の第 2 の実施形態にかかる多変量解析手段の構成を示すブロック図である。

【図 7】

同実施形態におけるプロセス制御装置が行うモデル式更新処理を示す図である。

【図 8】

本発明にかかるプロセス制御システムの他の構成例を示すブロック図である。

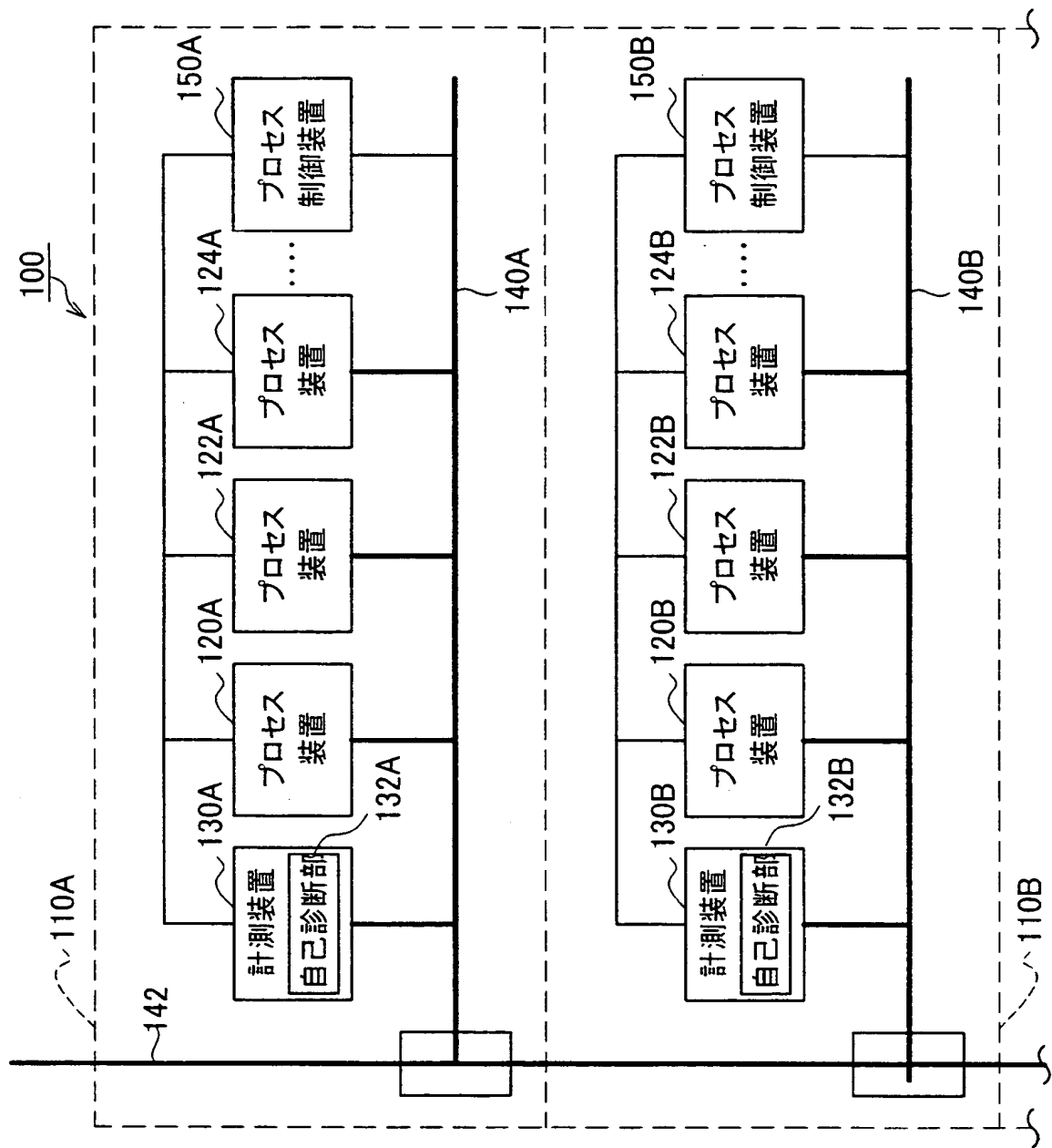
【符号の説明】

1 0 0	プロセス制御システム
1 1 0	ベイ
1 2 0	プロセス装置
1 3 0	計測装置
1 3 2	自己診断部
1 4 0	ベイ搬送路
1 4 2	主搬送路
1 5 0	プロセス制御装置
1 6 0	計測装置
1 6 1	自己診断部
2 0 1	エッチング装置
2 0 5	下部電極
2 1 1	静電チャック
2 2 1	上部電極
2 2 7	ガス供給管

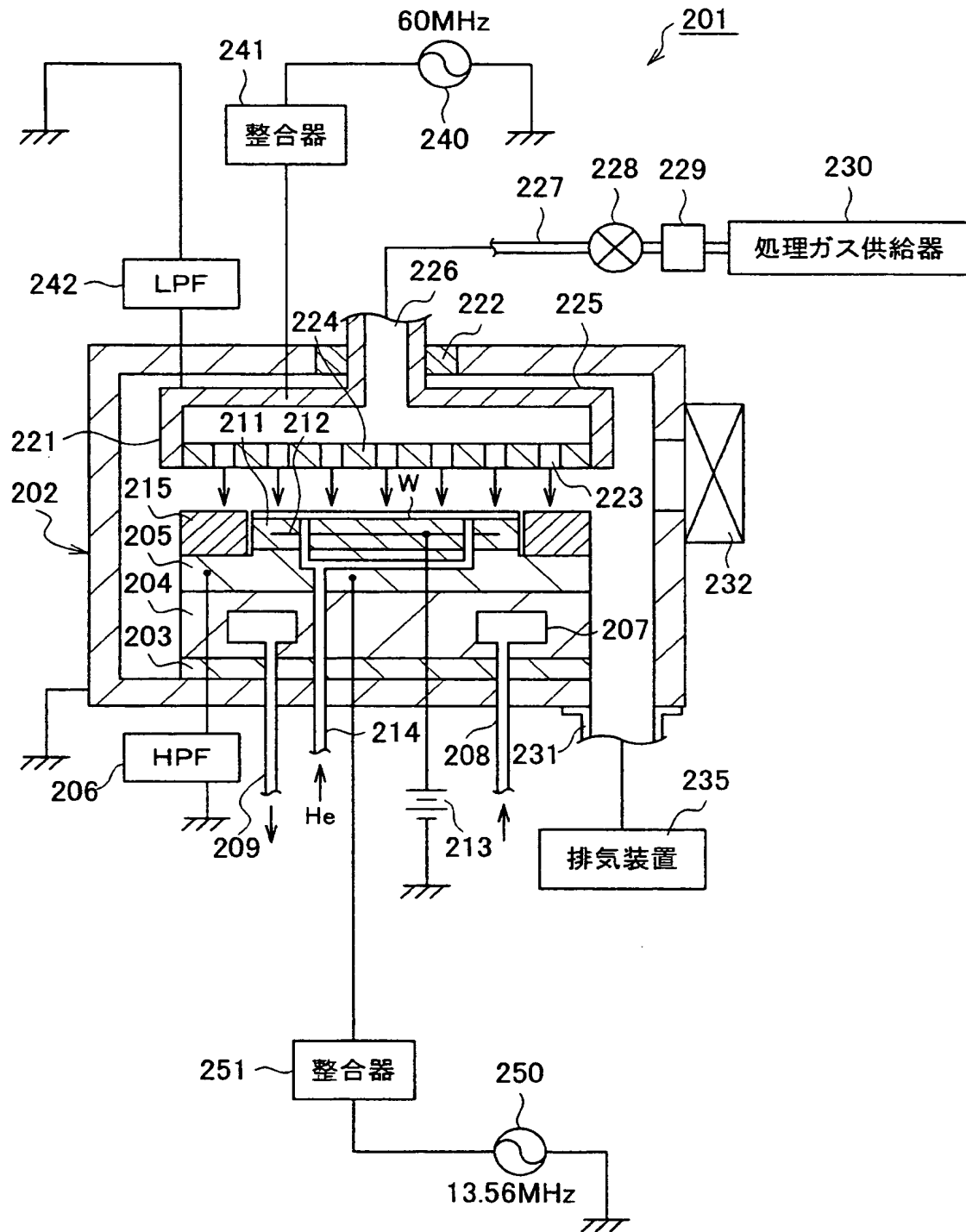
2 3 1	排気管
2 3 2	ゲートバルブ
2 3 5	排気装置
2 4 0	高周波電源
2 4 1	整合器
2 5 0	高周波電源
2 5 1	整合器
3 2 1	ポリシリコン膜
3 2 2	シリコン酸化膜
3 2 3	有機系反射防止膜
3 2 4	レジスト
4 0 0	多変量解析手段
4 1 0	運転データ記憶部
4 2 0	処理結果データ記憶部
4 3 0	多変量解析プログラム記憶部
4 4 0	多変量解析処理部
4 5 0	多変量解析結果記憶部

【書類名】 図面

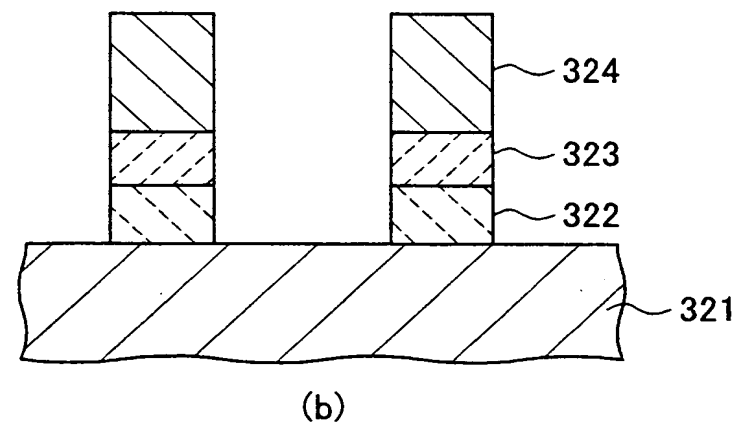
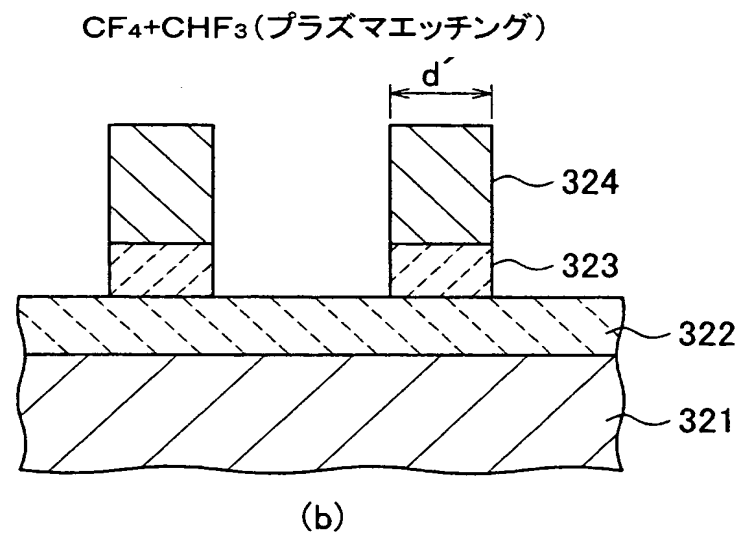
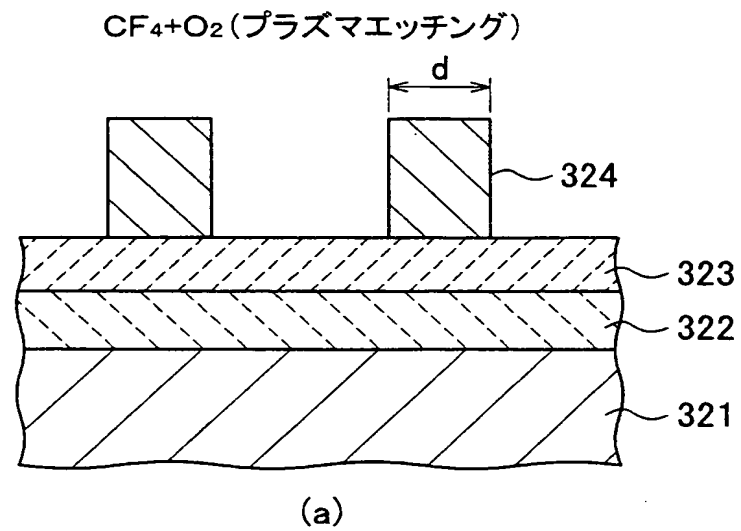
【図 1】



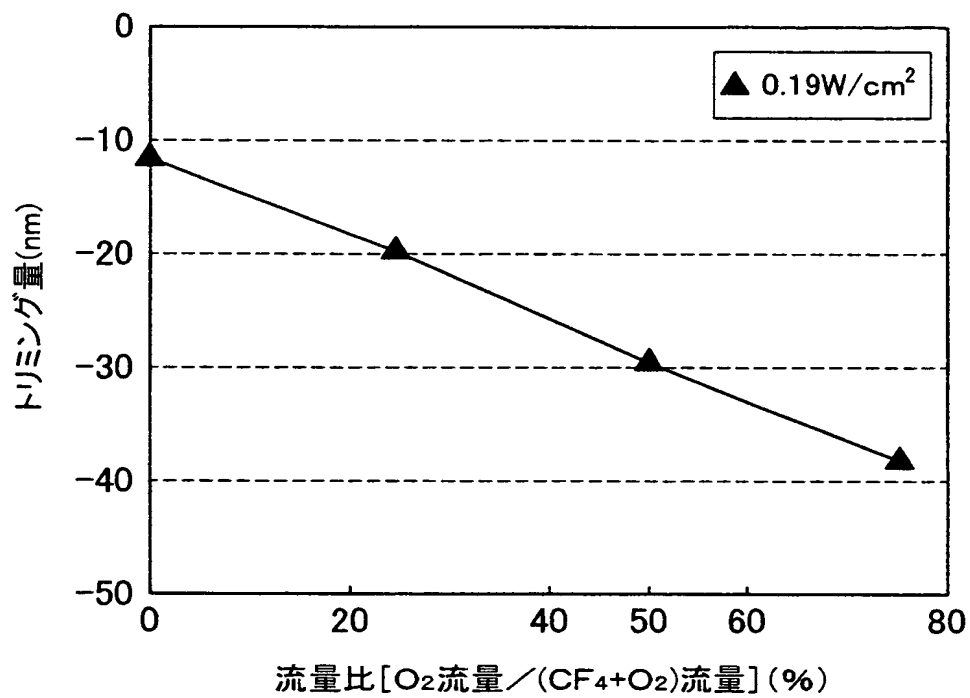
【図 2】



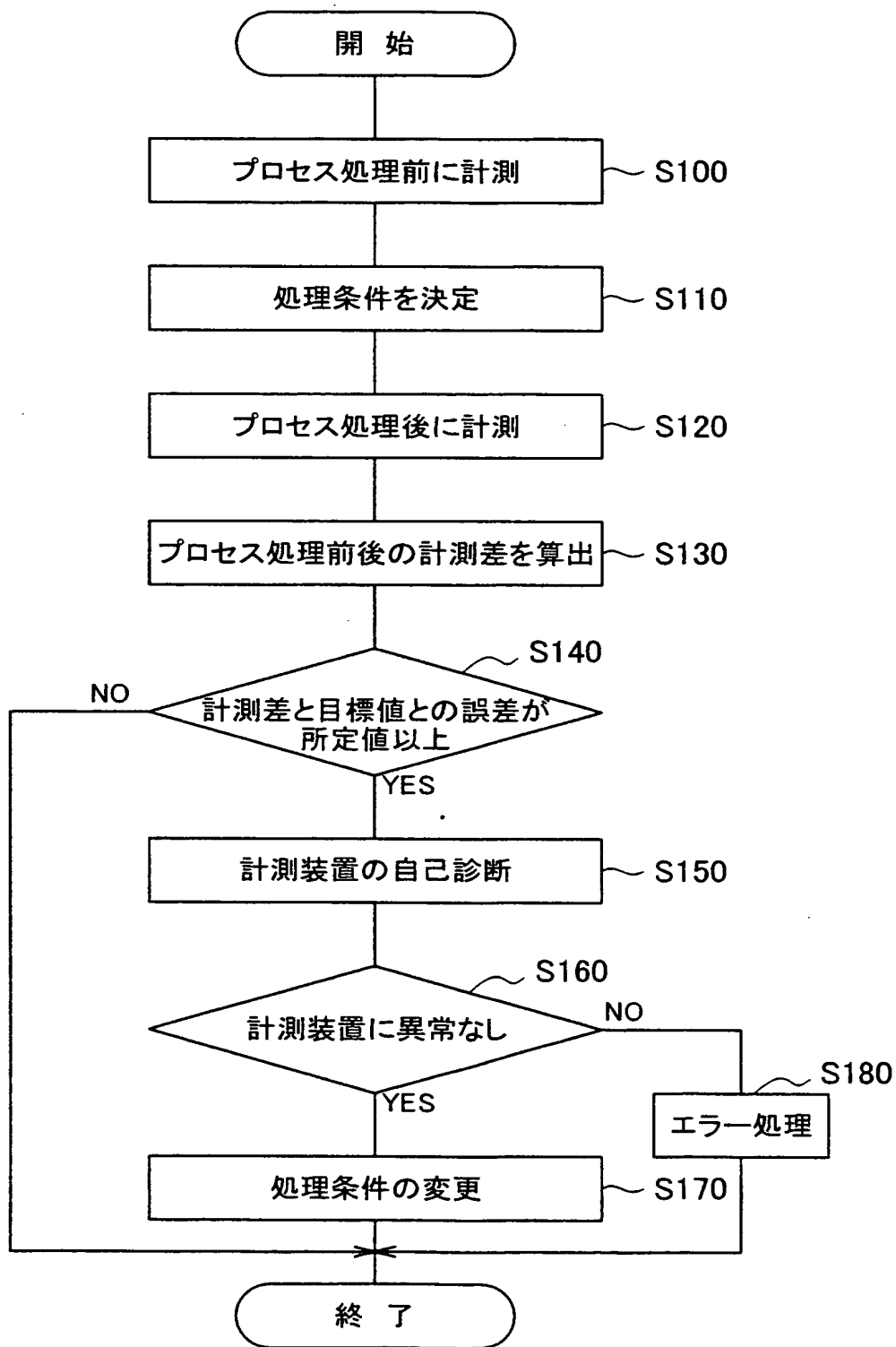
【図 3】



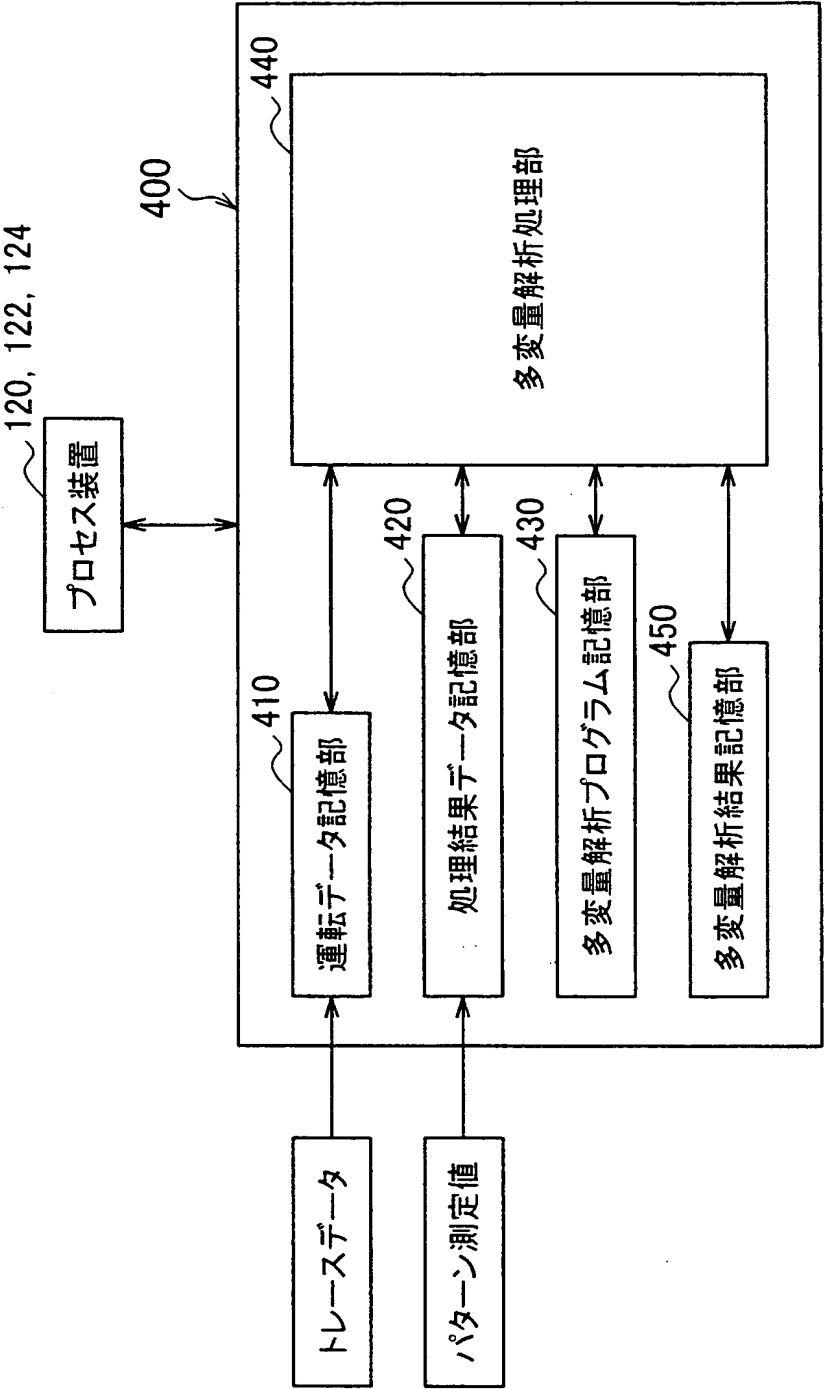
【図 4】



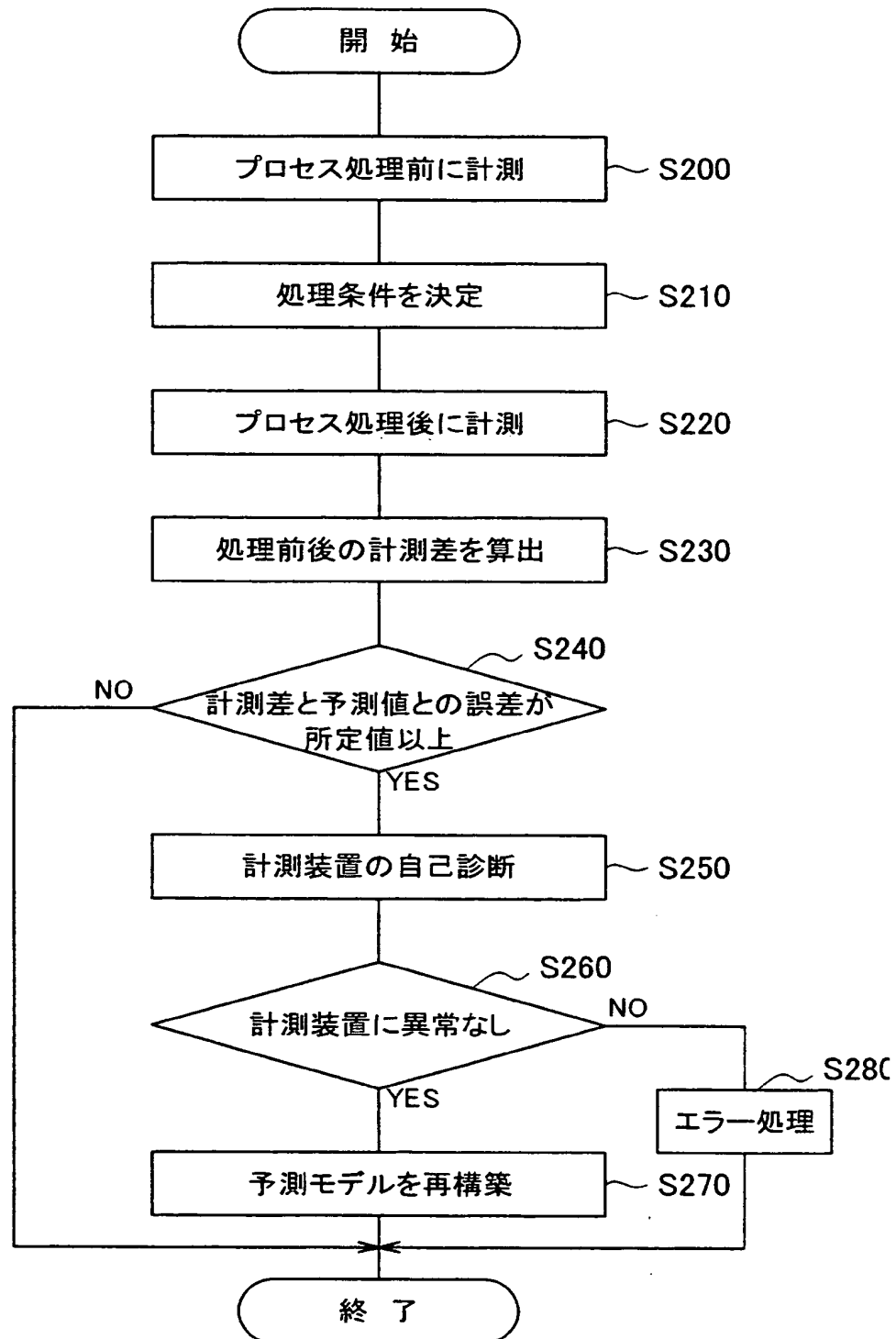
【図 5】



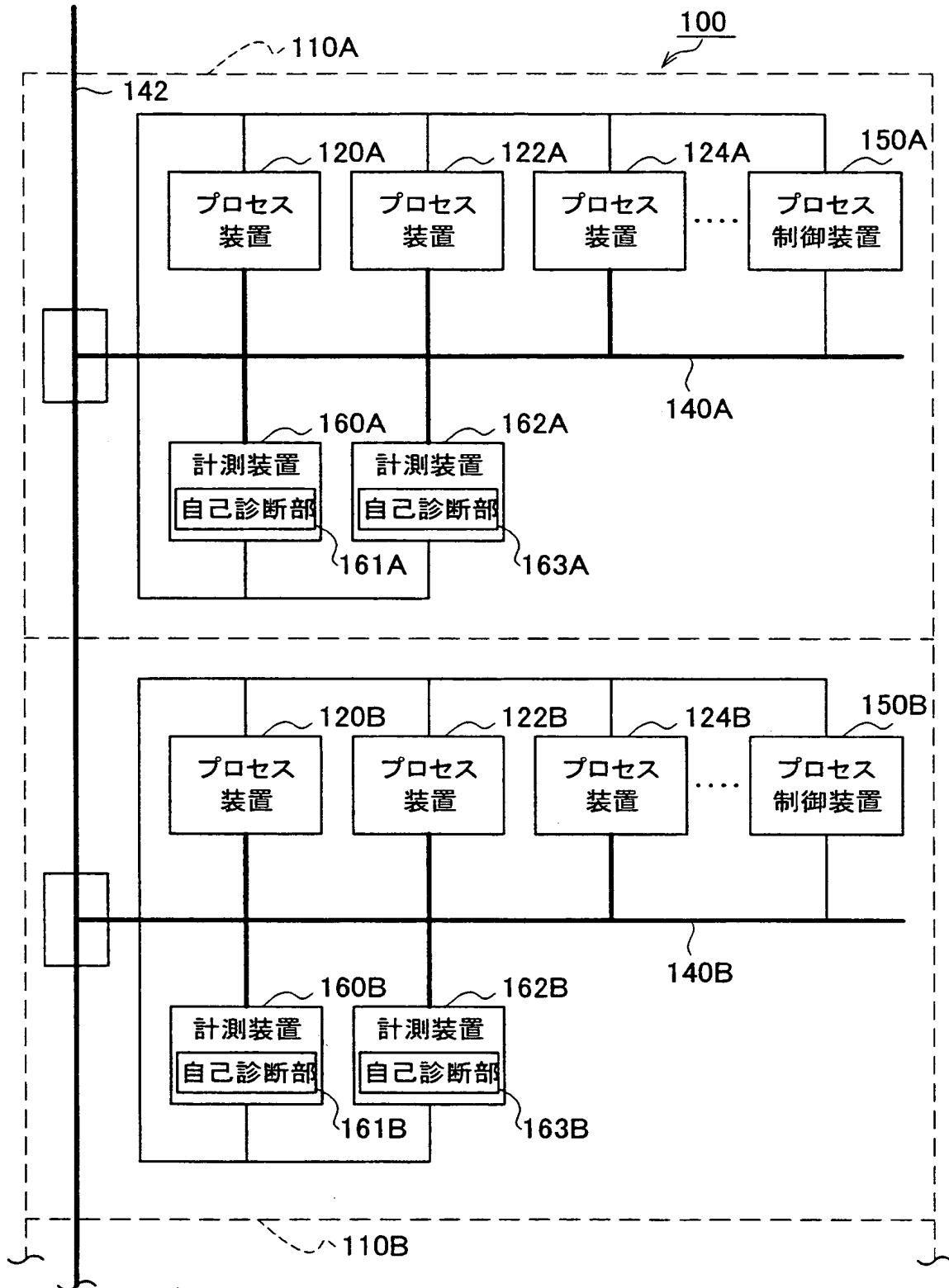
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 プロセス処理から検査処理までの時間を短縮し、各プロセス装置の稼働率を向上させ、設備投資のコストを極力抑える。

【解決手段】 工場内の各エリア 1 1 0 ごとに設けられ、処理結果を予測可能であるプロセス装置 1 2 0 …により半導体ウエハに対して行うプロセス処理を制御するプロセス制御システムであって、各エリア内でプロセス処理された被処理体の計測を行う少なくとも 1 つの計測装置 1 3 0 と、各エリア内における各プロセス装置と、計測装置を含めた各装置間で被処理体を搬送する搬送装置の搬送路 1 4 0 と、各エリア内における各プロセス装置、計測装置、搬送装置を制御する制御装置 1 5 0 とを各エリアごとに設けた。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 5 4 7 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 2 1 9 9 6 7]

- | | |
|----------|-------------------------|
| 1. 変更年月日 | 1 9 9 4 年 9 月 5 日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都港区赤坂 5 丁目 3 番 6 号 |
| 氏 名 | 東京エレクトロン株式会社 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2 0 0 3 年 4 月 2 日 |
| [変更理由] | 住所変更 |
| 住 所 | 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 |
| 氏 名 | 東京エレクトロン株式会社 |